



EXCELENCIA EN NUTRICIÓN Y PROTECCIÓN DE LOS CULTIVOS



www.massoagro.com

COMERCIAL QUÍMICA MASSÓ, S.A.

Viladomat, 321, 5º - 08029 Barcelona - Tel. 93 495 25 00 - E-mail: masso@cqm.es

Cultivos enarenados y biodesinfección
en invernaderos de Almería.
¿Encuentro o desencuentro?

Efecto de la aplicación de salicilato de
metilo en poscosecha sobre la calidad
y compuestos bioactivos de cereza

Ni un paso atrás en la
Gestión Integrada de Plagas

POSCOSECHA DE PRECISIÓN EN LOS ALBORES DEL S. XXI (PARTE I)

Según la FAO (Gustavsson et al., 2011) todos los años un tercio de los alimentos producidos para consumo humano se pierden o desperdician. En su informe de 2011 'Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo', este organismo cifra en 1.300 millones de toneladas los alimentos que no llegan al consumidor final. Las altas pérdidas que se producen también en los procesos poscosecha en forma de derrames, de disminución de la calidad y/o acortamiento de la vida útil de frutas y hortalizas justifican la necesidad de invertir en el manejo y procedimientos poscosecha antes de pensar incluso en el incremento de las superficies de cultivo (Yahla, 2009).

EVA CRISTINA CORRE HERNANDO Y PILAR BARREIRO ELORZA
(LPF-TAGRALIA, UPM, CEI MONCLOA)

1. Introducción

La FAO distingue entre cinco fronteras del sistema en las cadenas de suministro de alimentos de los productos básicos vegetales y animales: producción agrícola, manejo poscosecha y almacenamiento, procesamiento, distribución y consumo. Las pérdidas de alimentos tienen lugar en las etapas de producción, poscosecha y procesamiento de la cadena de suministro de alimentos. Las pérdidas que ocurren al final de la cadena alimentaria (venta minorista y consumo final) se conocen como 'desperdicio de alimentos'.

Se trata de un problema global puesto que las pérdidas de alimentos en los países industrializados son tan altas como en los países en desarrollo, pero hay que tener en cuenta

que en los países en desarrollo más del 40% de las pérdidas de alimentos se producen en las etapas de poscosecha y procesamiento, debido a la precariedad de las infraestructuras, el bajo nivel tecnológico y la falta de inversiones en los sistemas de producción alimentaria. Mientras, en los países industrializados más del 40% de las pérdidas de alimentos se producen en la venta minorista y el consumo. Según el informe de la FAO (FAO, 2014) de 2014 sobre las pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe (ALC), la región pierde o desperdicia por lo menos el 15% de sus alimentos disponibles: 28% en consumo, 28% en producción, 22% en manejo y almacenamiento, 17% en mercado y distribución y 6% durante el procesamiento. La Figura 1 muestra como a nivel mundial las frutas y hor-

talizas, además de las raíces y tubérculos, son los alimentos con la tasa más alta de desaprovechamiento, con un 45% de media y más de un 55% en ALC.

La FAO (Gustavsson et al., 2011) define las pérdidas en el manejo poscosecha y almacenamiento a aquellas debidas a derrames y al deterioro de los productos durante el manejo, almacenamiento y transporte entre la finca de explotación y la distribución.

Según la FAO (FAO, 2014) uno de los pilares en los que debería basarse la estrategia para la reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos debiera ser la "tecnología, innovación y capacitación para la recopilación de datos, implementación de buenas prácticas e inversiones en materia de infraestructura y capital para mejorar la eficiencia de los sistemas alimentarios". Así, las pérdidas durante los procesos de poscosecha (derrames, disminución de la calidad, acortamiento de la vida útil de frutas y hortalizas...) son el motivo principal por el que invertir en procedimientos poscosecha.

Aparece, de esta manera, la necesidad de definir el concepto de 'Poscosecha de Precisión' como una correcta actuación poscosecha en el momento adecuado y en el lugar preciso, es decir, el ajuste de las prácticas poscosecha a las necesi-

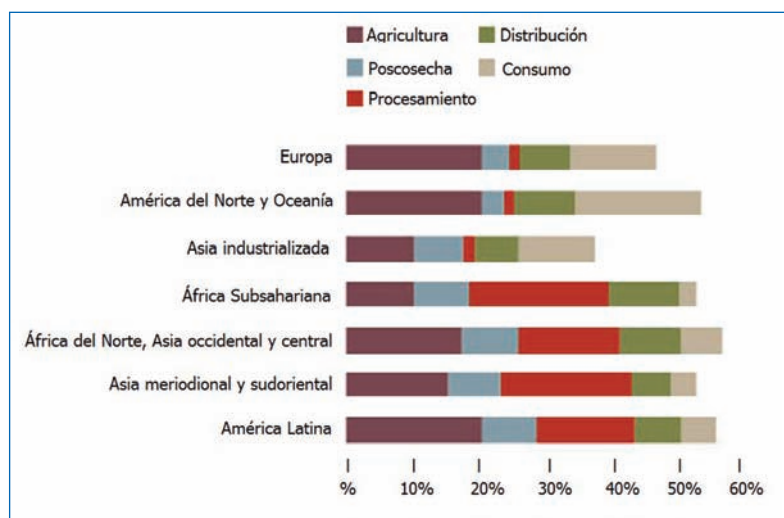


Figura 1: Pérdidas de frutas y hortalizas a nivel mundial. Fuente: FAO 2012.

dades de cada producto, reducción del impacto ambiental y social vinculado a las pérdidas poscosecha y el aumento de la competitividad a través de una mayor eficacia de dichas prácticas.



WATER CONTROLLER 3000

RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN :: SIMPLICIDAD Y PRECISIÓN

SIMPLICIDAD EN EL CONTROL DEL RIEGO

Hasta 96 sectores de riego con programación fácil e intuitiva.

PRECISIÓN EN LA DOSIFICACIÓN

Fertirrigación con control simultáneo de proporcionalidad, EC y pH a través del algoritmo PIQ desarrollado por ITC

GESTIÓN SIN SOFTWARE ADICIONAL

Acceso al equipo desde un navegador web en cualquier ordenador.

TRAZABILIDAD POR SECTOR DE RIEGO

Descarga de archivo de históricos

MONITORIZACIÓN A TIEMPO REAL



Nº Programa
Tiempo restante
Bombas
Válvulas
Filtros
Caudal
Presión
EC
pH



ITE
BOMBAS DOSIFICADORAS

ELECTRIC
HYDRAULIC
MAGNETIC
CONTROLLER





Figura 2: Imágenes de pérdidas de frutas y hortalizas en ALC (FAO, 2014).

Al igual que en la agricultura de precisión, el desarrollo de una Poscosecha de Precisión implica una intensificación de la información. El registro de factores, como los ambientales que determinan las condiciones de almacenamiento y conservación de las frutas y hortalizas, genera un elevado volumen de información que junto con los conocimientos propios derivados de la experiencia, las variabilidades climáticas y varietales y las exigencias del mercado, hacen imprescindible el desarrollo de herramientas de integración de la información y sistemas expertos de soporte a las decisiones, debiendo estos presentar unas condiciones de estandarización de datos y transferencia de información adecuados. La obtención de datos relativos al producto (trazabilidad, estado sanitario, estado de madurez ...) y a las condiciones ambientales de transporte y almacenamiento resulta todavía una labor costosa en tiempo e inversión, siendo preciso el desarrollo de sistemas sensores capaces de generar de forma precisa, rápida y barata la información necesaria (Valero, 2010).

El punto de partida de este artículo es, por tanto, la vocación de contribuir a la reducción de las pérdidas poscosecha, manteniendo la calidad de las frutas y las hortalizas para su consumo en fresco considerando que “es bien sabido que esa calidad cambia rápidamente cuando los productos se someten a temperaturas y/o humedades relativas inadecuadas durante el transporte y el almacenamiento; se ha demostrado que niveles significativos de heterogeneidad en los valores de temperatura y humedad registrados en diferentes localizaciones de recintos refrigerados como consecuencia de la falta de uniformidad del flujo de aire generado

por el equipo de frío, conducen a acentuar el deterioro de la calidad y la pérdida de seguridad de los alimentos” (Laguerre et al., 2013).

2. Sensores

Los rápidos avances en sensores de temperatura y en comunicaciones inalámbricas ponen a nuestra disposición dispositivos de bajo coste y autónomos, desde el punto de vista de la fuente de alimentación y memoria, adecuados para la supervisión y control de las condiciones ambientales en recintos refrigerados.

Los principios de transducción empleados (Figura 3) en la determinación de temperatura pueden clasificarse en analógicos (continuos) y digitales (procesado de la señal integrado). Los primeros, a su vez, se dividen en moduladores (necesitan fuente de alimentación) y generadores, en caso contrario. Dentro de los moduladores distinguimos los resistivos (PT100 y termistores) y los semiconductores, mientras que los termopares son siempre generadores. Cada tipo de sensor tiene una aplicación óptima, por ejemplo los sensores PT100 son muy exactos e intercambiables pero lentos en su respuesta (se emplearán en procesos suaves), mientras que los termopares son de muy rápida respuesta aunque precisan una referencia y son poco sensibles (precisan amplificación) y, por tanto, se emplearán en el seguimiento de cambios bruscos de temperatura; los termómetros basados en semiconductores son muy lineales y sensibles, se pueden embeber en circuitos electrónicos pero son poco robustos y definitivamente poco reproducibles (intercambiables).

Probablemente el sensor de temperatura que se emplea como referencia de dispositivo digital (protocolo de comunicación I2C) es el denominado Sensirion, que incorpora no sólo la determinación de temperatura sino la de humedad relativa, incluyendo en su memoria los coeficientes de calibración individualizados de fábrica. Resulta interesante comprobar que la medida de temperatura se ve ligeramente alterada cuando se simultanea con la transmisión (comunicación), por ello el fabricante recomienda realizar

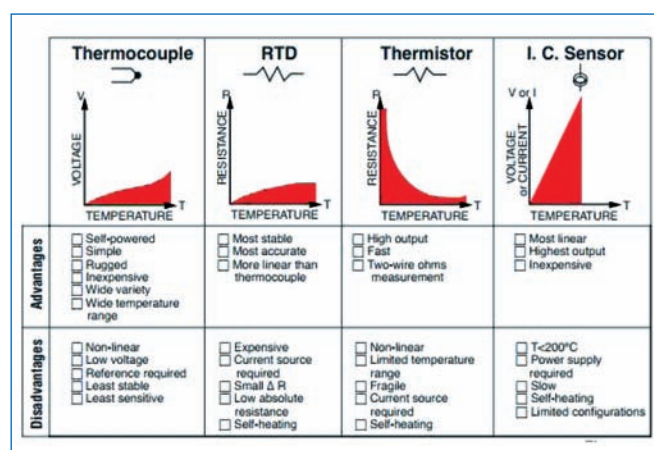


Figura 3: Tipos de transductores de temperatura y sus características.

la lectura durante una ventana temporal de 15 ms y transmitir posteriormente (Figura 4).

La serie Sensirion constituye un sencillo ejemplo de miniaturización de una placa multisensor; de día en día vemos comercializar nuevos ejemplos cada vez más complejos (e.g. MTS400, Memsic Inc.) basados en la integración de sensores de muy bajo coste: acelerómetros (empleados en los airbags), sensores de luz, presión barométrica (procedentes de estaciones meteorológicas de bajo coste); la industria de la automoción dirige en gran medida este desarrollo del que se nutren otros sectores industriales.

Nuevamente resulta pertinente destacar la necesidad de aquilatar la respuesta del sensor a la dinámica del proceso. La Figura 5 muestra la respuesta térmica de un palé de fruta a distintas distancias respecto a la superficie: 1, 20 y 40 cm (Jedermann et al., 2009), mientras que la Figura 6 representa la respuesta dinámica de 4 tipos distintos de sensor con y sin encapsulamiento (Badia-Melis et al., 2014). Si el palé tiene una respuesta de horas, los sensores responden en un orden de segundos unos (T700) y minutos otros (crossbow)

Cuando a los sensores se les incorpora funcionalidades semánticas (interpretación de la información), es posible integrar la WSN en una red semántica de sensores (SSN). En este caso, los dispositivos deben estar asignados a una clase que indique su utilidad primaria. Este primer caso se resuelve asignando una categoría general: sensor, actuador..., que han de ser disjuntas (o una cosa o la otra). Una fuente de error en la interpretación de los datos se deriva del origen de la magnitud, por ejemplo, 34 °C es una temperatura muy baja para un ser humano y excesiva para un día de invierno en nuestras latitudes. En este caso la variable ha de indicar su naturaleza: temperatura corporal, temperatura ambiental. Estas pequeñas mejoras hacen que sea viable el intercambio de información entre máquinas (M2M) en contextos de información muy diferente, sin pérdida de la capacidad interpretativa.

3. Transmisión

La transmisión de la información recogida por los dispositivos multisensor puede realizarse mediante redes inalámbricas de área local (Wi-Fi) denominándose genéricamente WSN (red de sensores inalámbricos). Las WSN son una tecnología muy prometedora en el campo de la supervisión de productos y logística, dado el menor coste de instalación que los dispositivos cableados, y puesto que proporcionan nuevas oportunidades para arquitecturas de distribución inteligente de sensores: a cada lugar un tipo de arquitectura multisensor y una topología (Wang et al., 2006).

Otra tecnología destacada son los identificadores de radio frecuencia (RFID), que son tarjetas que incluyen información de identificación del producto, que se han mejorado mediante la incorporación de una variedad de sensores (por ejemplo de temperatura) para actuar como registros de datos miniaturizados multidistribuidos.

Si las WSN actúan como sistemas de transmisión práctica-

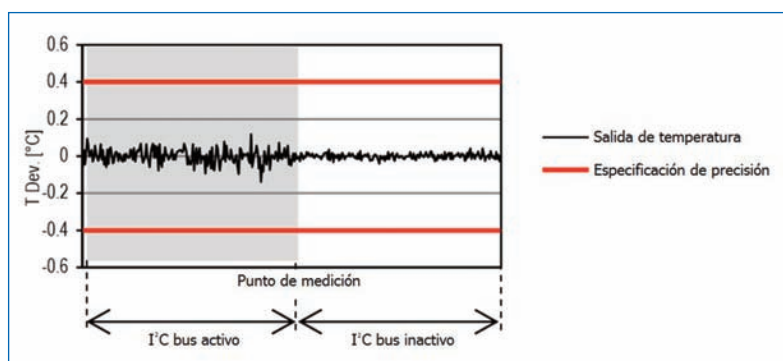


Figura 4: Interferencia de la señal de salida de la temperatura en un Sensirion cuando se simultanea con la transmisión (comunicación).

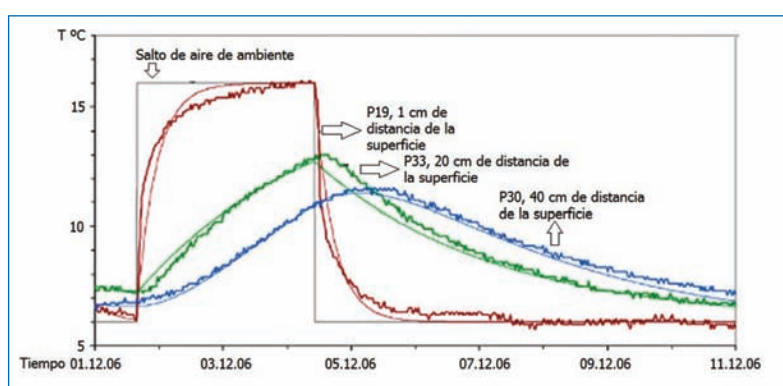


Figura 5: Respuesta térmica en el interior de un palé de fruta a distintas distancias respecto a la superficie.

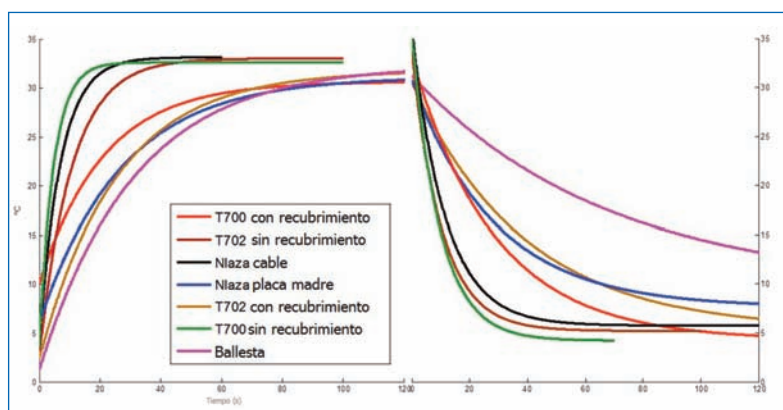


Figura 6: Respuesta dinámica de 4 tipos distintos de sensor con y sin encapsulamiento.

mente en tiempo real, los sistemas RFID actúan en general como registradores fiables con descargas puntuales de datos. Los segundos facilitan la integridad de datos con muy pocas oportunidades de intervención a nivel de control durante el transporte. Las WSN, en cambio, permiten en principio organizar sistemas de control dinámico, aunque la experiencia muestra que el producto altamente estibado con un alto contenido en agua es un fuerte atenuador de la señal, de manera que un elevado porcentaje de datos puede perderse en la transmisión, especialmente en transporte (hasta un 25% con sistemas zigbee de alta potencia en Tabla 1, (Jimenez-Ariza et al., 2011).

4. Localización

Existen cuatro localizaciones estratégicas en el transporte o almacenamiento frigorífico que exigen una sensorización específica:

- En los canales de aire: velocidad del aire, temperatura, humedad relativa presión barométrica
- En la carga: temperatura, humedad relativa, volátiles (CO₂, etileno, etanol), aceleración (vibraciones y golpes)
- En el equipo de frío: presión en alta, baja y temperatura del circuito de alta y baja, situación de los reguladores (régimen del compresor) y válvulas (nivel de apertura).
- Junto a la puerta: luz, temperatura y humedad relativa.

Una constante en todos ellos es la monitorización de la temperatura aunque refiera a distintos conceptos: fluido frigorífico (circuito de alta y baja), aire, producto, aspecto que deberá ser incorporado como información semántica en una eventual red de sensores. Además, cada localización tiene sus restricciones como la interferencia electromagnética en el caso del equipo de frío debido al efecto de los motores y ventiladores, que puede requerir el empleo de sensorización cableada con redes de transmisión digital.

Cada vez más se van imponiendo, no ya el concepto de redes de sensores sino de dispositivos inteligentes que dialogan entre sí. Así, se han propuesto contenedores inteligentes (Jedermann, 2014), envases y embalajes inteligentes (Van-

derroost et al., 2014). En estos casos la sensorización y la alimentación quedan integradas, ejerciendo además algunos dispositivos como 'mulas de datos', es decir, centros de integración de información hasta que eventualmente se produce la transmisión a destino en cualquier parte del globo.

Al igual que en la agricultura de precisión, el desarrollo de una Poscosecha de Precisión implica una intensificación de la información

Es importante, sin embargo, no olvidar que todo lo que suponga sensorización integrada con un elevado nivel de protección contra ambientes agresivos va generalmente acompañado de un incremento del tiempo de respuesta que puede resultar muy perjudicial a la hora de detectar con exactitud las roturas breves de la cadena de frío.

En un horizonte situado en 2025 todos estos elementos quedarán integrados en lo que se ha dado en llamar el internet de las cosas (IoT), en el que prácticamente cualquier dispo-

Módulo	Ubicación	TRANSPORTE REFRIGERADO			CÁMARA FRÍA (UPM)		
		Datos teóricamente a enviar	Datos Recibidos	Datos Perdidos (%)	Datos teóricamente a enviar	Datos Recibidos	Datos Perdidos (%)
44	Caja	1.000	741	25,9	2.516	2.486	1,19
99	Caja	1.105	1.066	3,53	2.332	2.283	2,10
98	Caja	1.171	1.035	11,61	2.522	2.482	1,59
45	Caja	1.029	892	13,31	2.162	2.071	4,21
40	Caja	523	500	4,40	2.182	2.114	3,12
16	Bolsa	1.160	1.033	10,95	331	329	0,60
2	Bolsa	1.125	1.018	9,51	2.386	2.351	1,47
14	Bolsa	1.301	1.258	3,31	0	0	N.A.
12	Bolsa	1.112	1.021	8,18	2.375	2.334	1,73

Tabla 1: Número de paquetes de información enviados por módulos Nlaza y porcentaje de perdidos en transporte y en la cámara frigorífica.

sitivo: teléfonos, tabletas, medios de transporte, contenedores intermodales, envases intercambiarán información sin el concurso humano, almacenándola eventualmente en la nube que es donde el concepto 'Big Data' cobra vigencia. Podemos imaginar en este contexto que al consumidor (basado en sus hábitos de compra) se le proponga el contenido de la cesta de la compra (de temporada o exótica), considerando la disponibilidad y ofertas cercanas a su domicilio y acompañado de recetas (sencillas o complejas según su inclinación).

5. Niveles de información

Los dispositivos descritos en el apartado anterior permiten crear redes de alta frecuencia de adquisición de datos en tiempo real, que hacen factible reconstruir la distribución temporal y espacial de variables tales como la temperatura a partir de mediciones puntuales (García et al., 2007). Es posible generar información de complejidad creciente y al igual que en la agricultura de precisión la poscosecha de precisión necesita integrar los diferentes niveles de información.

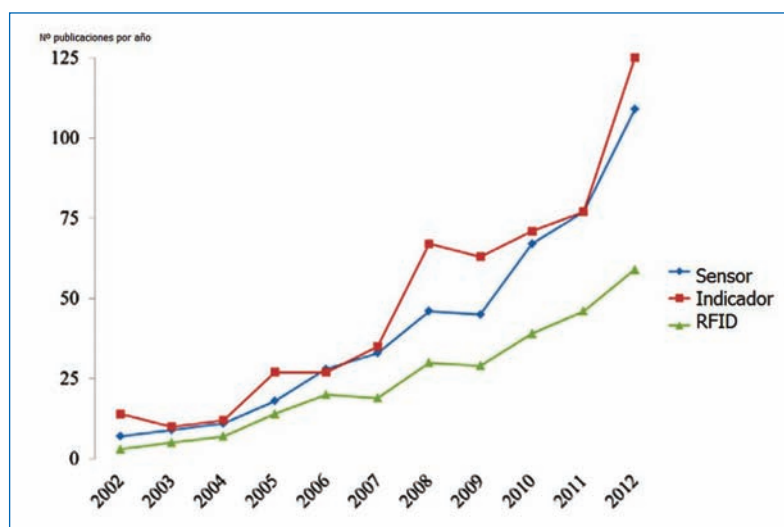


Figura 7: Evolución (2002-2012) del número de publicaciones sobre las tres principales tecnologías utilizadas en los envases inteligentes: sensores, indicadores y RFID.

Este aspecto se abordará en la Parte II: Niveles de información, que completa este trabajo. /

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias al apoyo de las Acciones AL14-PID-38 y AL11-PID-06 financiadas por la Universidad Politécnica de Madrid, la red internacional de CYTED Hortifresco (113RT0480) y del Grupo de Investigación LPF-Tagrafia.

Referencias bibliográficas

- Badia-Melis, R., García-Hierro, J., Ruiz-García, L., Jiménez-Ariza, T., Villalba, J. I. R., and Barreiro, P. (2014). Assessing the dynamic behavior of WSN motes and RFID semi-passive tags for temperature monitoring. *Computers and Electronics in Agriculture* 103, 11-16.
- FAO (2014). "Pérdidas y Desperdicios de Alimentos en América Latina y el Caribe." García, M. R., Vilas, C., Banga, J. R., and Alonso, A. A. (2007). Optimal field reconstruction of distributed process systems from partial measurements. *Industrial & Engineering Chemistry Research* 46, 530-539.
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., and Meybeck, A. (2011). FAO: P é r d i d a s y desperdicio de alimentos en el mundo. Alcance, Causas y Prevención. In "SAVE FOOD! Interpack 2011", Düsseldorf, Alemania.
- Jedermann, R. (2014). Intelligent containers for the entire supply chain. *Fleischwirtschaft international: journal for meat production and meat processing*, 24-27. Jedermann, R., Ruiz-García, L., and Lang, W. (2009). Spatial temperature profiling by semi-passive RFID loggers for perishable food transportation. *Computers and Electronics in Agriculture* 65, 145-154.
- Jedermann, R., Ruiz-García, L., and Lang, W. (2009). Spatial temperature profiling by semi-passive RFID loggers for perishable food transportation. *Computers and Electronics in Agriculture* 65, 145-154.
- Jiménez-Ariza, T., Diezma, B., Barreiro Elorza, P., Correa Hernando, E. C., Robla Villalba, J. I., and García Hierro, J. (2011). Registro y análisis del historial térmico durante el almacenamiento y el transporte refrigerado de productos mínimamente procesados. In "Desafíos y Oportunidades Tecnológicas en el Intercambio Comercial Hortofrutícola América Latina-Europa. Monitorización del Transporte Frigorífico" (UPM, ed.), Vol. 4, pp. 23-37, Madrid.
- Laguerre, O., Hoang, H. M., and Flick, D. (2013). Experimental investigation and modelling in the food cold chain: Thermal and quality evolution. *Trends in Food Science & Technology* 29, 87-97.
- Valero, C. (2010). "Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de Precisión, " Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)
- Vanderroost, M., Ragaert, P., Devlieghere, F., and De Meulenaer, B. (2014). Intelligent food packaging: The next generation. *Trends in Food Science & Technology* 39, 47-62.
- Wang, Q. H., Xu, K. A., Takahara, G., and Hassanein, H. (2006). On lifetime-oriented device provisioning in heterogeneous wireless sensor networks: Approaches and challenges. *Ieee Network* 20, 26-33.
- Yahia, M. E. (2009). ¿Es necesario producir más frutas y verduras en el mundo? (Is it necessary to produce more fruits and vegetables in the world?). *Horticultura Internacional* 69, 3.